

Рис. 2. Ступінь фотокаталітичного розкладання барвників у присутності синтезованих фотокаталізаторів при опроміненні ультрафіолетовою лампою потужністю 24 Вт.

Як видно з Рис. 1, всі синтезовані зразки проявляють фотокаталітичну активність в процесах фотодеградації досліджених барвників. Також чітко видно, що всі три отримані фотокаталізатори проявляють більшу активність по відношенню до конго червоного, ніж до метилового оранжевого, що, вочевидь, пов'язано з амфолітною природою останнього.

Дуже схожа тенденція спостерігається при аналізі даних Рис. 2, отриманих за аналогічних експериментальних умов, але за більшої потужності ультрафіолетового випромінювання.

При порівнянні даних Рис. 1 і Рис. 2, чітко видно, що більш потужне опромінення сприяє збільшенню ступеня фотодеградації обох досліджених барвників приблизно на 10 %. Причому вплив потужності ультрафіолетового опромінення більш помітний, ніж вплив умов отримання фотокаталізаторів.

Таким чином, підсумовуючи вищесказане, можна зробити висновок, що фотокаталітична активність цинку(II) оксиду залежить від умов його отримання, (зокрема від тривалості старіння – при синтезі золь-гель методом), однак більш суттєвий вплив на ефективність процесу фотодеградації має природа барвників і потужність ультрафіолетового опромінення.

Перспективою представленого дослідження буде підбір оптимальної дози фотокаталізатора цинку(II) оксиду для підвищення ступеня фотодеградації барвників різної природи і доведення його до повної деструкції.

## ДЕГРАДАЦІЯ БЕНЗЕНУ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ПІД ДІЄЮ КАВІТАЦІЇ

**Сухацький Ю.В., Знак З.О., Зінь О.І., Мних Р.В.**

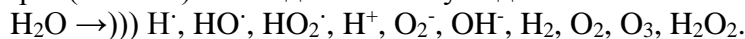
*Національний університет "Львівська політехніка", Україна, м. Львів, e-mail: sukhatsky@i.ua*

Бензен – типовий представник ароматичних вуглеводнів, який виявляє подразнювальні й токсичні властивості. Його застосовують, насамперед, як розчинник, компонент палива для підвищення його октанового числа, а також для отримання аніліну й малеїнового альдегіду. Наявність бензену в стічних водах хімічних та нафтохімічних підприємств зумовлює зміни видової й трофічної структури біогеоценозів природних водойм.

Традиційними методами очищення стічних вод від бензену є сорбційні. Основний недолік сорбційних методів – висока вартість. Щодо біологічних методів, то їх застосування обмежене великою тривалістю очищення і невисоким акумулювальним потенціалом мікроорганізмів

щодо бензену. Тому поява і розвиток нових технологій оброблення стічних вод, що містять бензен, є неминучими.

Серед прогресивних методів очищення стічних вод від ароматичних сполук – передові процеси окиснення, до яких належать кавітація (акустична або гідродинамічна) та її комбінації із реагентним обробленням (озон, гідрогену пероксид, реактив Фентона, натрію гіпохлорит тощо), фотолізом, фотокаталізом. Домінантну роль у деградації ароматичних сполук відіграють високореакційноздатні гідроксильні радикали, які виникають у локальних дискретних зонах дуже маленьких розмірів ( $\sim 10^{-9}$  м) внаслідок сонолізу води



Встановлено, що дія акустичних коливань ультразвукового діапазону з частотою 22 кГц на водний розчин бензену впродовж 600 с зумовлює досягнення ступеня деградації бензену 84,2%. Процес здійснювали за ізотермічних умов ( $T=303$  К) у режимі ініціювання реакції.

Дослідження деградації бензену у водному середовищі виконували у гідродинамічному струменевому кавітаторі за тиску на вході у кавітатор 0,3 МПа та адіабатичних умов, за дозування повітря (витрата повітря – 1,3 мл/с) та без нього. Об'єм середовища (водний розчин бензену) у циркуляційному контурі – 15 дм<sup>3</sup>. Кількість робочих елементів (сопел) – 3, діаметр сопла – 2,5 мм, тривалість оброблення – 4200 с. Початкова концентрація бензену у воді становила  $9,35 \cdot 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>. Для акустичних досліджень використовували сферичний гідрофон типу 8105, комутований із портативним комп'ютером. Графічну інтерпретацію результатів у вигляді спектрів частот та інтенсивностей здійснювали із використанням спеціалізованого програмного забезпечення для аналізу аудіофайлів – Adobe Audition 1.5.

Кінетичні дослідження деградації бензену виконували з використанням методу UV-Vis-спектроскопії за довжини хвилі 254,6 нм на однопроменевому спектрофотометрі ULAB 102UV. Середовище порівняння – дистильована вода.

Залежність концентрації бензену ( $C$ , моль/дм<sup>3</sup>) у водному середовищі від тривалості кавітаційного оброблення ( $\tau$ , с) наведено на рис. 1.

З рис. 1 видно, що за адіабатичних умов внаслідок кавітаційного оброблення водного середовища, що містило бензен, у гідродинамічному кавітаторі впродовж 4200 с концентрація бензену зменшилась від  $9,35 \cdot 10^{-3}$  до  $0,39 \cdot 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>, що відповідало ступеню деградації 95,8%. Введення повітря у систему інтенсифікувало кавітаційні явища, внаслідок чого концентрація бензену у водному середовищі зменшувалась інтенсивніше – від  $9,35 \cdot 10^{-3}$  до  $0,11 \cdot 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>, що відповідало ступеню деградації 98,8%. Повітря виконувало роль додаткових зародків кавітації.

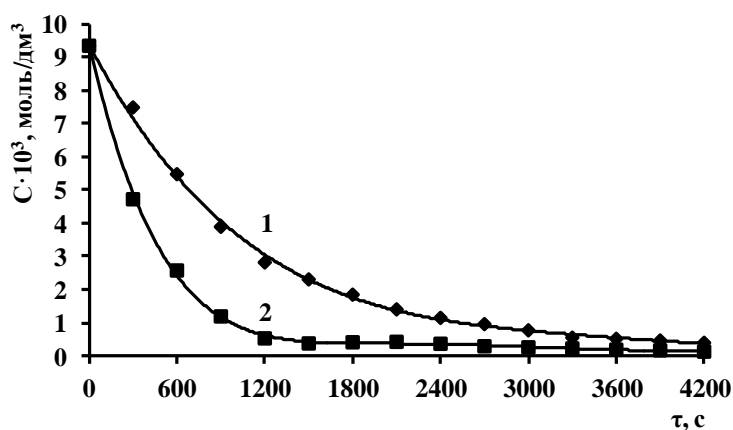


Рис. 1. Залежність концентрації бензену ( $C \cdot 10^3$ , моль/дм<sup>3</sup>) у водному середовищі від тривалості кавітаційного оброблення ( $\tau$ , с) за адіабатичних умов і:

1 – без введення повітря; 2 – дозування повітря (витрата повітря – 1,3 мл/с)

Спектри інтенсивності акустичного сигналу кавітаційних явищ за введення повітря у реакційну систему та без нього наведено на рис. 2.

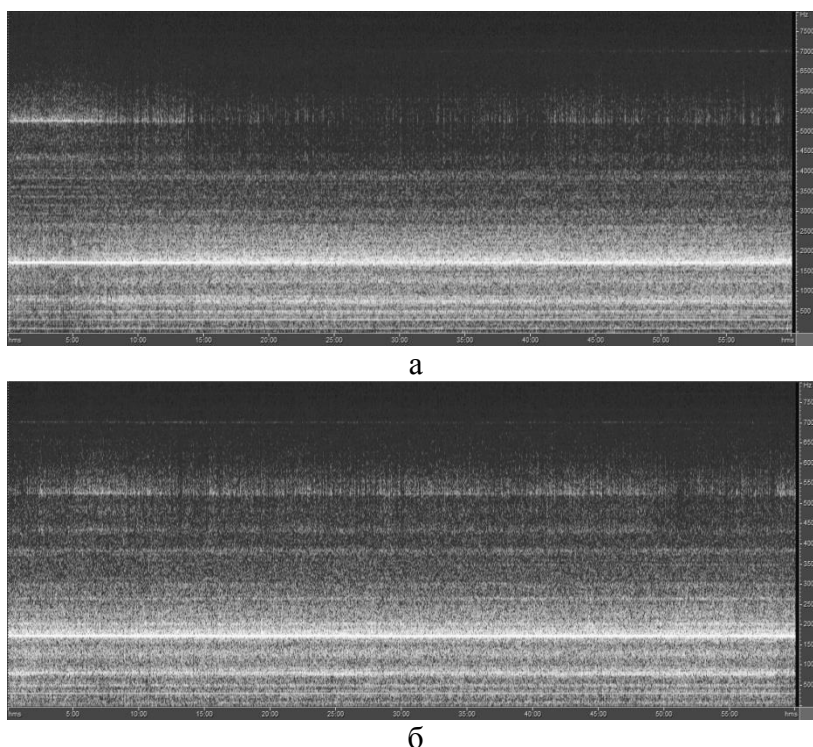


Рис. 2. Спектри інтенсивності акустичного сигналу кавітаційних явищ у водному розчині бензену: а – без введення повітря у систему; б – за дозування повітря

Максимальна інтенсивність кавітаційних явищ для обох випадків (рис. 2а, рис. 2б) характерна для найсвітлішої смуги на спектрі, що відповідала частоті 1700 Гц. Отже, внаслідок кавітації формувались агрегати бульбашок із усередненим радіусом 1,94 мм, а введення незначних кількостей повітря у реакційну систему зумовило підвищення ступеня деградації бензену у водному середовищі на 3%.

Дослідження виконано за підтримки Міністерства освіти і науки України у межах спільного українсько-індійського науково-дослідного проекту “Гідродинамічна кавітація як основа інтенсивної і дешевої технології очищення промислових стічних вод, які містять токсичні органічні сполуки і тверді частинки” (М/88-2019 від 26.06.2019 р.).